

щиностойкости, полученного для керамики  $ZrO_2$  ( $4,13 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ ).

Выводы. Композиты, на основе  $ZrO_2$ , армированные ОУНТ и НВ  $Al_2O_3$  с повышенной трещиностойкостью могут быть получены свобод-

ным спеканием. Для композита с 1 мас. % ОУНТ наблюдается увеличение трещиностойкости на 11 %, а для композита с 10 мас. % НВ  $Al_2O_3$  на 46 % по сравнению с неармированной керамикой  $ZrO_2$ .

### Список литературы

1. Leonov A.A. and Abdulmenova E.V. // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 2019. – V.511. – P.012001.
2. Leonov A. // *Mater. Today Proc.*, 2019. – V.11. – P.66–71.
3. Леонов А.А. и др. // *Рос. нанотех.*, 2019. – Т.14. – №3–4. – С.32–38.

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПЛАВАЮЩЕЙ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ МИКРОСФЕРЫ ИЗ ЗОЛОШЛАКОВОЙ ПУЛЬПЫ СЕВЕРСКОЙ ТЭЦ

А.В. Чернов

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Тихонов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Chernov979797@yandex.ru

Золошлаковые отходы представляют собой техногенное сырье, которое с каждым годом только накапливается.

Переработка золошлаковых отходов путем извлечения ценных компонентов позволит высвободить занимаемые земли, которые можно использовать для новых нужд.

В настоящее время наиболее востребованным на рынке компонентом, извлекаемым из золы, является алюмосиликатная полая микросфера, образующаяся при факельном высокотемпературном сжигании каменного угля некоторых бассейнов на ТЭЦ [1]. Микросферы представляют собой полые алюмосиликатные шарики идеальной формы с гладкой поверхностью, естественным образом, в виду низкой

плотности (менее  $800 \text{ кг/м}^3$ ), всплывающие в прудах-отстойниках золохранилищ.

Северская ТЭЦ за десятилетия своей работы накопила только на золохранилище №2 до десяти миллионов тонн золошлаков. Определённое нами в ранее выполненном обследовании золохранилища содержание плавающей алюмосиликатной микросферы в залежи 0,25–0,3 %, при среднем содержании в текущей сбросной пульпе 0,5–0,7 %. При изолированном характере золохранилища, двукратное снижение содержания вызвано, на наш взгляд, потерей плавучести частью плавающих микросфер при длительном контакте с водой, предположительно из-за наличия микропор и попадания воды во внутреннюю полость микросфер. Предварительно это подтверждается микрофотографиями (рис. 1) и тем,

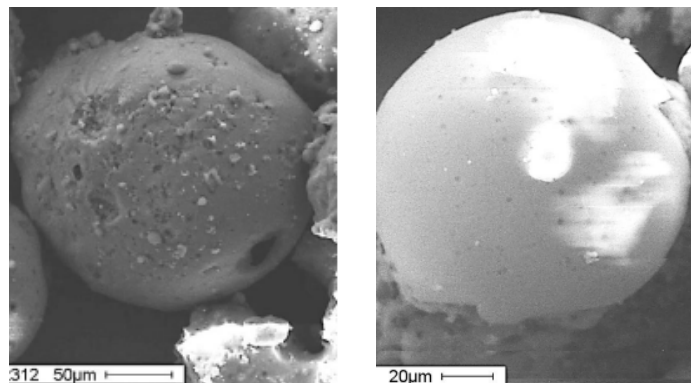


Рис. 1. Электронный микроснимок золы Северской ТЭЦ

что длительное (до 2 суток) высушивание в сушильном шкафу SNOL 58/350 при 105 °С привело к увеличению доли плавающих микросфер с 0,25–0,3 % до 0,4–0,45 %, в то время как обычное (в течении 1–2 часов) высушивание не приводит к увеличению доли плавающих микросфер. Это, в том числе, подтверждает затруднённость выхода воды из внутренней полости сфер.

Извлечение из текущего сброса плавающих микросфер может быть перспективным, так как в текущем сбросе их содержание выше, чем в лежалых золошлаках.

В качестве устройства для исследований по извлечению плавающих микросфер из зольной пульпы нами рассматриваются гидроциклоны открытого типа, применяемые, например, в водоочистке сточных вод от плавающего мусора и нефтепродуктов [2]. Исследования мы проводим на модельной пульпе, основа которой представляет усреднённую зольную пульпу текущего

сброса Северской ТЭЦ отобранной в течении мая – августа 2019 года с известным (заданным) содержанием плавающих микросфер.

«Тычковый» эксперимент, выполненный нами на прототипе лабораторной установки открытого гидроциклона с диаметром цилиндрической части 500 мм, показал принципиальную работоспособность принципа извлечения. В первичном проведённом опыте было получено 45–48 % извлечение.

Нами было принято решение по проектированию испытательного стенда для изучения влияния технологических параметров и конструкции открытого гидроциклона на степень извлечения плавающих микросфер из пульпы. Особенную сложность в настоящий момент представляет организация установившегося замкнутого оборота пульпы в условиях лаборатории без изменения суммарного состава пульпы.

### Список литературы

1. Поцелуев А.А., Арбузов С.И., Рихванов Л.П. Микроэлементы в золах каменных углей и перспективы их комплексного извлечения // Природный комплекс Томской области. Т.1. Геология и экология. – Томск: Издательство ТГУ, 1995. – С.260–268.
2. Найдено В.В. Применение гидроциклонов в технологических процессах очистки природных и сточных вод // Исследование и промышленное применение гидроциклонов. – Горький, 1981. – 180 с.

## РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.В. Чуклин

Научный руководитель – к.т.н., В.В. Тихонов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, ecoboost.roar@gmail.com

При эксплуатации производственных и муниципальных котельных, тепловых электростанций, а также некоторых других производств, функционирующих на твёрдом топливе, от 10 до 20 % сжигаемого угля переходит в ЗШМ, которые, в свою очередь, транспортируются и хранятся в отвалах. В настоящее время в РФ объем накопленных отходов отраслей теплоэнергетики оценивается приблизительно в 2 млрд. тонн, что занимает более 20 тыс. га земли.

ЗШМ обладают целым рядом полезных свойств и при нарастающем дефиците ресурсов потребность в их использовании будет только расти.

Физико-химические свойства ЗШМ зависят как от способа золоудаления (сухое или мокрое), так и от времени хранения. В ряде случаев, лежалые отвалы ЗШМ в качестве сырья для вторичного применения, могут представлять даже больший интерес в виду больших накопленных объёмов и произошедших физико-химических изменений.

По данным нашего обследования золоохранилища Северской ТЭЦ более 70 % накопленного объёма ЗШМ приходится на фракцию менее 0,1 мм при общей влажности в залежи от 31 до 57 % (таблица 1). Регламентируемая нормативными документами по применению ЗШМ влажность должна быть не более 15 %. Мелко-